

神戸市立工業高等専門学校 正会員 高科 豊
神戸大学工学部 正会員 宮本文徳

1. はじめに

骨材事情の変化への対応、景観配慮の必要性など、さまざまなコンクリート構造物の環境問題を抱える中で、『環境にやさしい半永久的コンクリート』は、極めて重要なテーマと考える。

本研究は、凍結融解環境下における環境材料を含めたモルタルの特性に、ニューラルネットワークを適用し、以下に示す着眼点から検討したものである。なお、検討した環境材料とは、再生骨材、着色顔料を示し、その実験対象とした。以下、その着眼点を示す。

表-1 配合計画

	水セメント比 (W/C)	使用骨材	AE剤使用	顔料
1,2	0.65	豊浦標準砂	無	無
3,4	0.55	豊浦標準砂	無	無
5	0.55	豊浦標準砂	無	赤
6	0.55	豊浦標準砂	無	緑
7	0.55	豊浦標準砂	無	黄
8	0.55	再生骨材	無	無
9	0.65	豊浦標準砂	有	無
10	0.55	豊浦標準砂	有	無

(実験開始材令：2, 4は、材令28日、その他は材令14日で実施)

(1) 凍結融解劣化過程において、環境材料を配合要因の中で、その関係を位置づける。

(2) 劣化水準と環境材料の影響の効果を比較算定する。

(3) 上述の結果から、劣化挙動に特徴のある再生骨材モルタルについて、劣化における空間的細孔構造の変化、給水拘束面の影響などを検討する。

2. 使用材料と実験概要

モルタル使用材料は、再生骨材、豊浦標準砂の2種、白色ポルトランドセメント、AE剤（アニオン系）及び着色顔料にて配合計画を作成した。表-1にその実験ケースを示す。なお、細骨材の計量は、ほぼ絶乾状態にて実施した。着色顔料は、赤色に酸化第二鉄、緑色に酸化第二クロム、黄色に α -オキシ水酸化第二鉄を使用した。各調合比は、W/Cを、0.65、0.55の2水準、また、各S/Cを変化させ、フロー値を各配合とも 196 ± 10 とほぼ一定とした。実施した凍結融解試験条件は、水中凍結水中融解方式で、その温度履歴（ブライン温度）を上限+10℃、下限-25℃の範囲で、1サイクル所用時間を4時間（凍結2時間、融解2時間）とした。なお、実験は以下に示す2シリーズ実施した。

シリーズI) 10×10×40cmの供試体を配合8case作成し、材令14日及び28日まで、水中養生を行い、凍結融解試験を開始した。測定指標は、相対動弾性係数、質量変化率、長さ変化率である。

シリーズII) 正方形ブロック供試体(20cm×20cm×20cm)を作成し、健全供試体、劣化供試体（防水条件有無：シラン系浸透型防水材料にてシール）の3種を実験対象とした。なお、劣化供試体とは、材令14日まで養生後、シリーズIで算出した劣化基準サイクル数（相対動弾性係数60%に対応）まで、上記と同様の条件で凍結融解試験を実施したものである。その後、各供試体から、実験対象位置（ブロック座標：頂点からの対角線長、深さ侵入長で表示）を変化させ、各部コア（ビット径25mm：7サンプル）を採取、さらにダイヤモンドカッターにて、塊状試料を作成、アセ

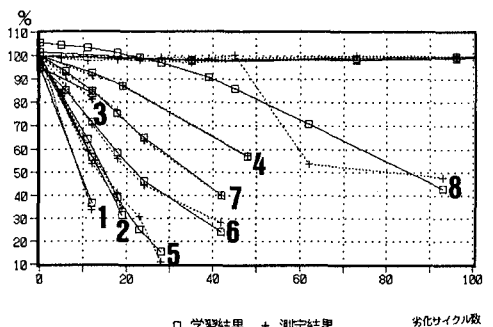
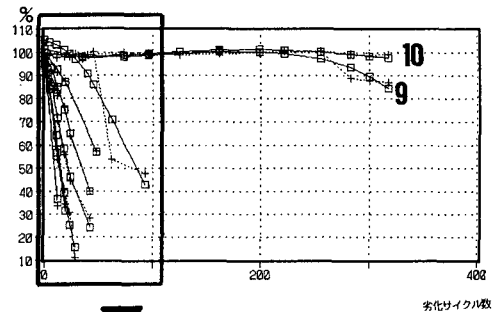


図-1 相対動弾性係数の推移

トンに浸漬し水和を停止した。また、その後、真空乾燥（60℃、13日間）を実施し、水銀圧入式ポロシメータにて細孔径分布の測定を行った。

3. 実験結果と解析

シリーズⅠでは、実験結果62パターンを、ニューラルネットワーク（入力ユニット数8、中間層1、中間ユニット数10）で組み、相対動弾性係数60%及び質量減少率5%の結果を推論（アルゴリズム：誤差逆伝播法）し、それぞれの劣化基準サイクル数を算出し、各要因検討（W/C、材令、着色顔料、再生骨材の有無）を数量化Ⅰ類で行った。図-1及び図-2にその結果を示す。また、各劣化水準と比較するかたちで、環境材料の影響の効果を算定した。その結果、着色顔料の効果は、相対動弾性係数10%の水準変化の効果に満たないものの、1%水準でその有意差が認められた。再生骨材においては、その劣化挙動に特徴を示し、最も学習する上で困難なパターンとなった。これは、再生骨材の吸水率が高いため、その空隙が保水効果をもつものとする。

シリーズⅡでは、同様に、採取位置、供試体条件、測定結果を学習させ、全細孔容積、平均細孔径、階級別（500-1 μ 、10⁴-10³Å、10³-30Å）細孔容積の各空間分布を推論した。図-3に、平均細孔径の結果を示す。

4. まとめ

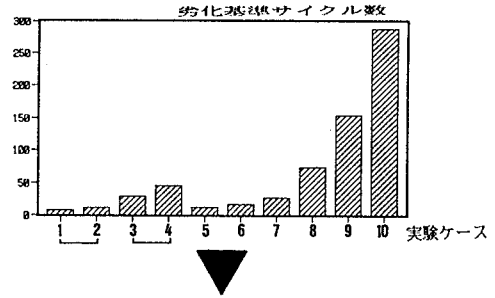
（1）環境材料の凍結融解過程において、ニューラルネットワークモデル（非線形系）として考え、その劣化挙動を位置づけることができた。しかし、再生骨材は、その保水性により、その挙動が大きく異なるものとなった。

（2）上述の再生骨材モルタルについて、全細孔量は劣化条件ではあまり変化しない。しかし、防水条件を与えると大きく増加し、その影響は試験前後の供試体質量増加にも表れた。これには10³~10⁴Åの細孔量の変化が貢献していると考えられる。また、平均細孔径は部分的に大きく異なり、500~1 μ m、10³~10⁴Åの細孔容積劣化変化の相連が影響を与えていると考えられる。

今後、サンプル数を増加させ、正確なデータを取得し、モデルの精度の向上及びプロダクションルールとの融合を構築する予定である。

〔謝辞〕

最後に、再生骨材を提供して頂いた京阪コンクリート工業（株）の方々と及び試料の細孔径分布測定において、御協力頂いた近畿コンクリート工業（株）の岩本氏に心から厚く感謝致します。



要因	カテゴリ	頻度	カテゴリ数	20	0	40	相関係数(範囲)	0.7	1.0
W/C	0.65	2	-20.625				0.976 (27.5)		
	0.55	6	6.875						
	1.4日	6	-2.375				0.838 (9.5)		
	2.8日	2	7.125						
着色顔料	無	5	5.004				0.934 (20.3)		
	酸化第二鉄	1	-15.156						
	酸化第二クロム	1	-10.156						
	α -オキシ水酸化第二鉄	1	-0.156						
	有	1	35.656				0.981 (40.8)		
再生骨材	無	7	-5.004						

定数項27.75, 重相関係数R=0.994

図-2 ニューラルネットより算出した劣化基準サイクルによる配合要因の位置づけ

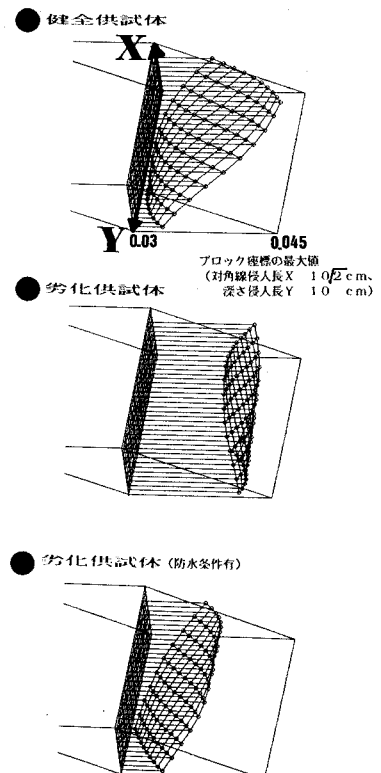


図-3 平均細孔径(μm)の空間的分布